

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Pásový dopravník pro dopravu černého uhlí

Belt conveyor for transportation of black coal

Student: Filip Vaněk

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.

Zadání bakalářské práce

Student:

Filip Vaněk

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R003 Dopravní stroje a manipulace s materiálem

Téma:

Pásový dopravník pro dopravu černého uhlí
Belt Conveyor for Transportation of Black Coal

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Vypracujte návrh pásového dopravníku pro dopravu černého uhlí, včetně výpočtu výkonu pohonu. Proved'te včetně bezpečnostních, čistících a zabezpečovacích prvků, v maximální míře omezte negativní ekologické dopady přesypu a předávacích míst na okolí dopravního uzlu. Předmětem diplomové práce „Pásový dopravník pro dopravu černého uhlí“ bude realizace rozboru mechanicko-fyzikálních vlastností dopravované suroviny a následně fundovaný návrh speciálního pásového dopravníku.

- 1) Vypracujte obecnou řešerši na principy dopravy se zaměřením na pásové dopravníky.
- 2) Vypracujte výkresy sestavy pásového dopravníku a detailní výkres převáděcího bubnu včetně všech detailů.
- 3) Proved'te všechny dopravní a pevnostní výpočty.
- 4) Stanovte mechanicko-fyzikální vlastnosti dopravovaného černého uhlí a vypracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

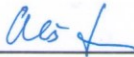
- Pešat, Z.: Manipulace s materiálem v hutích I. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1992.
- Cvekl, Zl., Janovský, L., Podivínský, C., Talácko, J.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení. Praha: ČVUT Praha, 1984.
- Dražan, F., Jeřábek, K.: Manipulace s materiálem. Praha: SNTL/ALFA, 1979.
- Dražan, F., Cvekl, Z. a kol.: Teoretické základy transportních zařízení. Praha: SNTL/ALFA, 1976.
- Novotný, J., Podivínský, V.: Podklady pro konstrukční cvičení z transportních zařízení. Praha: ČVUT Praha, 1974.
- Firemní literatura a příslušné normy.
- Zegzulka, J.: Mechanika sypkých hmot. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0699-1.
- Zegzulka, J.: Mechanika partikulárních hmot, aktualizovaná verze. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2017. v tisku.
- Zegzulka, J.: Standard smykové zkoušky partikulárních hmot, Working Party on the Mechanics of Particulate Solids, European Federation of Chemical Engineering, 2006. ISBN 80-248-1051-4.
- Přednášky z předmětu Dopravníky – prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Mistopřisežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018

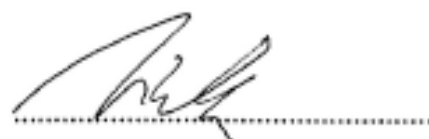

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́доміі, że Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́доміі, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018.



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce: Filip Vaněk

Adresa trvalého pobytu autora práce: Svinovská 1338/2G, Ostrava-Polanka 725 25

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VANĚK, Filip. *Pásový dopravník pro dopravu černého uhlí*. Ostrava, 2018. Bakalářská práce. VŠB-Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.

Předmětem této bakalářské práce je návrh pásového dopravníku na dopravu černého uhlí. První částí je obecná rešerše, se zaměřením na pásové dopravníky a jejich konstrukční prvky. Následuje rozbor dopravovaného materiálu a výsledky laboratorních měření některých materiálových vlastností důležitých pro návrh dopravních zařízení. Na základě těchto znalostí dopravovaného materiálu je pomocí graficko-početní metody a výpočtu dle normy ČSN ISO 5048 navržen vhodný pásový dopravník, jehož výkres lze nalézt v příloze.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

VANĚK, Filip. *Belt conveyor for transportation of black coal*. Ostrava, 2018. Bachelor thesis. VŠB-Technical university Ostrava. Supervisor prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.

The aim of this bachelor thesis is design of belt conveyor for transportation of black coal. In the first part, there is research focused on belt conveyors and their structural elements, next there is analysis of black coal and results of laboratory measurements of some of its properties important for designing of belt conveyor. Based on the knowledge of transported material, the belt conveyor is designed with grafical-counting method and then according to technical standard ČSN ISO 5048. The drawings of conveyor can be found in attachment.

Obsah

Seznam použitých značek	10
Úvod.....	13
1 Pásové dopravníky	14
1.1 Výhody pásových dopravníků.....	14
1.2 Nevýhody pásových dopravníků.....	15
1.3 Dělení pásových dopravníků (2)	15
1.3.1 Dle použití	15
1.3.2 Dle sklonu	15
1.3.3 Dle přemístitelnosti	15
1.3.4 Dle nosné konstrukce	16
1.4 Popis hlavních částí pásového dopravníku.....	16
1.5 Pohon pásového dopravníku	17
1.5.1 Druhy pohonů pásových dopravníků (2).....	17
1.6 Bubny	17
1.6.1 Hnací bubny	18
1.6.2 Vratné bubny	19
1.7 Napínací zařízení.....	19
1.8 Nosné konstrukce	20
1.9 Válečkové stolice	21
1.10 Dopravní pásy	22
1.10.1 Gumové a PVC pásy	24
1.10.2 Ocelové pásy	24
1.11 Příslušenství k dopravním pásům.....	24
1.11.1 Přesypy pásových dopravníků.....	25
1.11.2 Shazovací zařízení.....	26
1.11.3 Čističe pásových dopravníků.....	28
1.12 Bezpečnostní prvky pásových dopravníků.....	28
1.12.1 Bezpečnostní opatření pro bubny pásových dopravníků.....	29
2 Charakteristika dopravovaného materiálu.....	31
2.1 Mechanicko-fyzikální parametry černého uhlí dle literatury (18,19)	31
2.2 Určení materiálových veličin pro dopravu.....	32
2.2.1 Sítová analýza	32
2.2.2 Sypná hmotnost.....	35

2.2.3	Maximální velikost zrna	36
2.2.4	Statický sypný úhel.....	36
2.2.5	Dynamický sypný úhel	38
3	Graficko-početní metoda návrhu pásového dopravníku.....	39
3.1	Určení kritických míst na páse	39
3.2	Tahy v páse.....	39
3.3	Výpočet výkonu pohonu.....	40
3.4	Výpočet obíhající síly	40
3.5	Minimální tah v horní větvi	41
3.6	Minimální tah v spodní větvi.....	41
3.7	Volba odbíhající síly.....	41
3.8	Dopočet tahů v páse.....	42
3.9	Kontrola pásu na přetržení.....	42
3.10	Výpočet napínací síly	42
3.11	Graf průběhu sil v pásu.....	43
4	Výpočet a návrh pásového dopravníku.....	44
4.1	Požadované parametry.....	44
4.2	Materiálové vlastnosti.....	44
4.3	Volba pásu	44
4.4	Volba válečků a válečkových stolic	45
4.4.1	Volba horních válečkových stolic.....	45
4.4.2	Volba závěsů dolních válečků	45
4.4.3	Volba horních válečků	46
4.4.4	Volba dolních válečků	46
4.5	Volba rychlosti pásu	47
4.6	Teoretický průřez.....	47
4.7	Celková plocha průřezu náplně	47
4.8	Horní část průřezu	48
4.8.1	Korekce šířky pásu	48
4.9	Dolní část průřezu.....	48
4.10	Kontrola pásu na potřebný ložný prostor.....	48
4.11	Objemový dopravní výkon	48
4.12	Hmotnostní dopravní výkon	49
4.13	Hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky	49
4.14	Hmotnost 1 m dopravního pásu.....	49
4.15	Teoretická obvodová síla potřebná na poháněcím bubnu.....	49

4.15.1	Výpočet hlavních odporů	50
4.15.2	Vedlejší odpory	50
4.15.3	Přídavný hlavní odpor	52
4.15.4	Přídavný vedlejší odpor.....	53
4.16	Zvětšení obvodové síly na poháněcím bubnu	54
4.17	Potřebný výkon poháněcího bubnu.....	54
4.18	Potřebný provozní výkon motoru.....	54
4.19	Návrh poháněcí stanice	55
4.20	Síly v pásu.....	55
4.21	Přenos obvodové síly na poháněcím bubnu	55
4.22	Maximální obvodová hnací síla	56
4.23	Omezení podle průvěsu pásu v horní a dolní větvi	56
4.23.1	Horní větev pásu.....	56
4.23.2	Dolní větev pásu.....	56
4.24	Největší tahová síla v pásu.....	56
4.25	Pevnostní kontrola pásu	57
4.26	Síla v nosné větvi	57
4.27	Síla ve vratné větvi.....	57
4.28	Napínání pásu.....	57
4.28.1	Napínání pásu.....	58
Závěr		59
Zdroje		60
Přílohy		62

Seznam použitých značek

Označení	Název	Jednotka
$(h/a)_{adm}$	Dovolený relativní průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi	-
A	Dotyková plocha mezi pásem a čističem	m ²
a_0	Rozteč horních válečkových stolic	m
a_U	Rozteč dolních válečkových stolic	m
B	Šířka dopravního pásu	m
b_1	Světlá šířka bočního vedení	m
D	Průměr bubnu	m
d_0	Průměr hřídele v ložisku	m
d_{max}	Maximální velikost zrna	m
F	Potřebná síla pohonu	N
F_0	Odbíhající síla (graficko-početní metoda)	N
F_1	Tah v pásu ve větvi nabíhající na buben	N
F_2	Tah v pásu ve větvi sbíhající z bubnu	N
F_a	Odpor shrnovače materiálu	N
F_{B1}	Odpor ohybu pásu na bubnu (graficko-početní metoda)	N
F_{bA}	Odpor setrvačných sil v místě nakládání a urychlování	N
F_{dmin}	Minimální napětí v dolní větvi pásu	N
F_{Dp}	Maximální dovolený tah v pásu	N
F_f	Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování	N
F_{gL}	Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením	N
F_H	Hlavní odpory	N
F_{hmin}	Minimální napětí v horní větvi pásu	N
F_l	Odpor ohybu pásu na bubnech	N
F_{max}	Největší tah v pásu	N
F_N	Nabíhající síla	N
F_{NAP}	Napínací síla	N
F_r	Odpor čističe pásu	N
F_{S1}	Přídavné hlavní odpory	N
F_{S2}	Přídavné vedlejší odpory	N
F_T	Vektorový součet tahů v pásu, působících na bubnu a tíhových sil hmot otáčejících se částí bubnů	N
F_t	Odpor v ložiskách hnaného bubnu	N
f_t	Dovolené namáhání dopravního pásu v tahu	N
F_{TP}	Průměrný tah v pásu na bubnu	N
F_U	Potřebná obvodová síla na bubnu	N
F_{UP}	Teoretická obvodová síla na poháněcím bubnu	N
F_ε	Odpor vychýlených bočních válečků	N

H	Dopravní výška	m
I_m	Hmotnostní dopravní výkon	$\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$
I_V	Objemový dopravní výkon	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
k_B	Bezpečnost pásu	-
k_S	Koeficient zvýšení síly při rozběhu	-
L	Délka dopravníku	m
L_1	Délka pásu od bubnu po konec bočního vedení	m
L_2	Délka bočního vedení	m
l_b	Urychlovací délka	m
m_2	Hmotnost 1 m ² dopravního pásu	kg
m_f	Hmotnost materiálu	kg
m_s	Hmotnost síta	kg
m_{s+f}	Hmotnost síta a materiálu	kg
P	Výkon pohonu	W
p	Tlak mezi čističem a pásem	$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$
p_1	Počet válečků v horní větvi	-
p_2	Počet válečků v spodní větvi	-
P_A	Potřebný výkon poháněcího bubnu	W
P_M	Potřebný provozní výkon motoru	W
Q	Dopravní výkon	$\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$
q_1	Hmotnost rotujících částí 1 válečku na horní větvi	kg
q_2	Hmotnost rotujících částí 1 válečku na dolní větvi	kg
Q_3	Histogram	%
q_B	Hmotnost 1 m dopravního pásu	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
q_G	Hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
q_{RO}	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
q_{RU}	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m dolní větve	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
R_m	Pevnost pásu v tahu	MPa
S	Průřez náplně pásu	m ²
S_1	Horní část průřezu materiálu	m ²
S_2	Dolní část průřezu materiálu	m ²
S_T	Teoretický průřez materiálu	m ²
T_0	Tah v pásu v kritickém bodě 0	N
T_1	Tah v pásu v kritickém bodě 1	N
T_2	Tah v pásu v kritickém bodě 2	N
T_3	Tah v pásu v kritickém bodě 3	N
T_4	Tah v pásu v kritickém bodě 4	N
t_c	Dotyková tloušťka čističe pásu	m ²
T_{max}	Maximální napětí v pásu	N
T_{minH}	Minimální napětí v horní větvi	N

T_{minS}	Minimální napětí v spodní větvi	N
V	Rychlost pásu	$m \cdot s^{-1}$
v_0	Počáteční rychlost materiálu	$m \cdot s^{-1}$
W	Měrný odpor dopravníku	-
y_{max}	Maximální dovolený průvěs pásu	m
A	Sklon bočních válečků	°
α_G	Úhel opásání	°
H	Součinitel smykového tření (graficko-početní metoda)	-
η_I	Účinnost motoru	-
η_C	Účinnost pohonu	-
M	Součinitel smykového tření	-
μ_1	Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem	-
μ_2	Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením	-
μ_3	Součinitel tření mezi pásem a čističem pásu	-
Ξ	Součinitel rozběhu	-
ρ_s	Sypná hmotnost	$kg \cdot m^{-3}$
σ_{DOV}	Dovolené napětí v pásu	N
φ_i	Statický sypný úhel	°
φ_r	Úhel vnitřního tření	°
ψ_{dyn}	Dynamický sypný úhel	°

Úvod

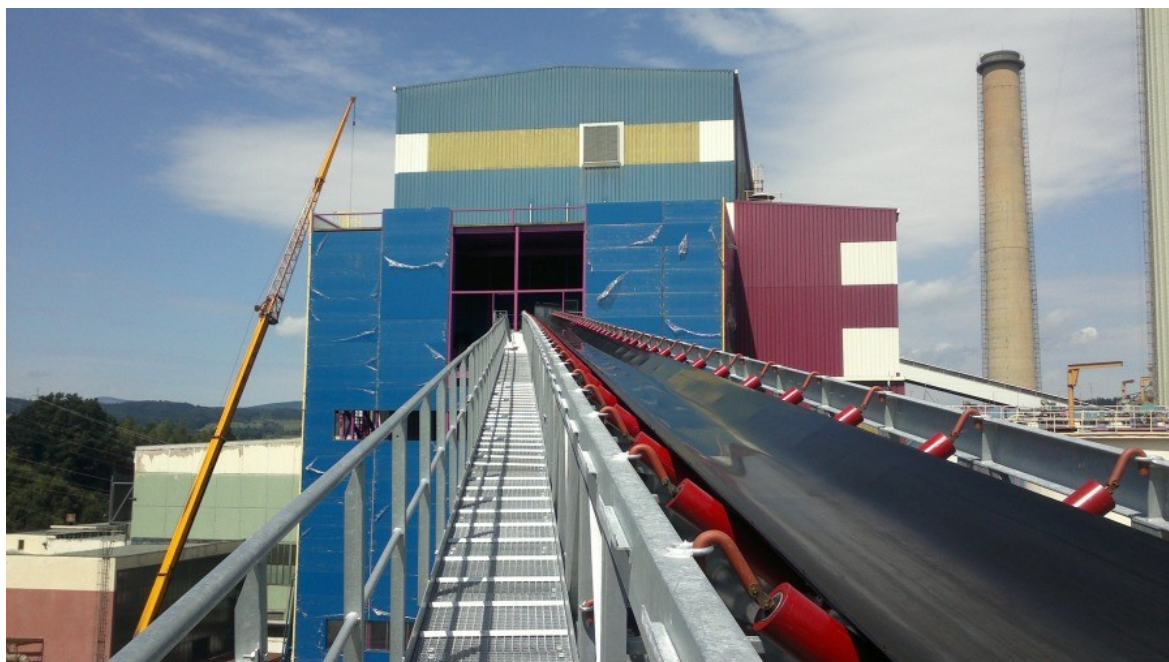
Cílem této práce je návrh pásového dopravníku, dopravujícího černé uhlí, s účelem zauhlování elektrárny. K úspěšnému návrhu funkčního a v praxi plně využitelného pásového dopravního zařízení je třeba se detailně seznámit s principy a způsoby fungování pásové dopravy. Dále pak i se strukturou a druhem dopravovaného materiálu a zejména pak s jeho mechanicko-fyzikálními vlastnostmi podstatnými pro správný návrh a výpočet dopravníku.

Pásový dopravník je navržen v souladu s normou ČSN ISO 5048 - Zařízení pro plynulou dopravu nákladu, pásové dopravníky s nosnými válečky a výpočet výkonu a tahových sil. Pro kontrolu je proveden kontrolní výpočet méně přesnou graficko-početní metodou, umožňující zjednodušený výpočet pásových dopravníků.

1 Pásové dopravníky

Jedná se o skupinu dopravních zařízení, u kterých je pohyb přepravovaného materiálu realizován, unášením pomocí pružného nekonečného tažného prvku napnutého okolo koncových bubnů. Velkou výhodou tohoto typu dopravníku je možnost jeho všestranného využití. V průmyslu se využívá hlavně při přepravě převážně sypkých materiálů, ale lze jej také využít například při přepravě kusových materiálů.

Pásové dopravníky se využívají pro vodorovnou dopravu, nebo úklonnou dopravu s menším úhlem a to z důvodu, že materiál je unášen, nikoli tlačен, a při velkém úhlu by mohlo docházet k hromadění materiálu na začátku dopravníku a jeho nefunkčnosti. Při dovrchní dopravě sypkých materiálů by úhel sklonu neměl překročit 18° a při úpadné dopravě 12° . Při vhodné úpravě pásu např. žebrováním, lze dosáhnout i větších úhlů. Tento typ dopravníku lze využít při dopravě na krátké, střední i dlouhé vzdálenosti (i v řádu kilometrů). Při dopravě jedním směrem hovoříme o jednosměrném dopravníku, pokud se však směr dopravy střídá jedná se o dopravník reverzní. K dopravě opačným směrem lze využít vratné větve.



Obrázek 1.1 – Dovrchní pásový dopravník (1)

1.1 Výhody pásových dopravníků

- Plynulá doprava materiálu, vysoký hodinový výkon
- Variabilní využití, při přepravě všech druhů materiálů

- Lze přepravovat i na velké vzdálenosti
- Tichý chod
- Malé tření a opotřebení
- Bezhlukový provoz
- Jednoduchá konstrukce z jednoduchých součástí

1.2 Nevýhody pásových dopravníků

- Velký počet mazacích míst
- Velký počet rotačních částí vyžadujících složitější údržbu
- Problém s přepravou lepkavých a abrazivních materiálů

1.3 Dělení pásových dopravníků (2)

1.3.1 Dle použití

- Pro dálkovou dopravu
- Technologické

1.3.2 Dle sklonu

- Vodorovné
- Šikmé
 - Úpadní ($< -3^\circ$)
 - Strmé ($< -20^\circ$)
 - Dovrchní ($3^\circ - 15^\circ$)

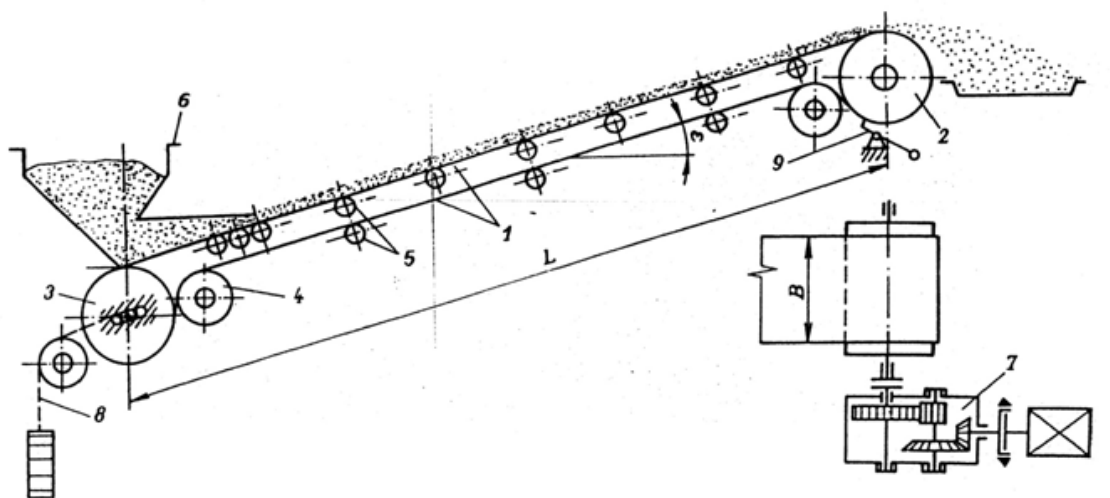
1.3.3 Dle přemístitelnosti

- Stabilní
- Mobilní

1.3.4 Dle nosné konstrukce

- Příhradové
- Hliníkové profily
- Šroubované

1.4 Popis hlavních částí pásového dopravníku



Obrázek 1.2 – Schéma pásového dopravníku (3)

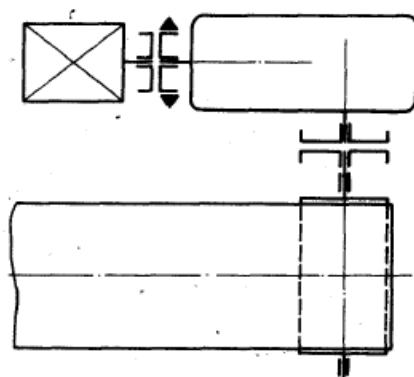
Popis obrázku:

- 1 – Dopravní pás
- 2 – Poháněcí buben
- 3 – Vratný a napínací buben
- 4 – Vodící buben
- 5 – Podpěrné válečky
- 6 – Násypka
- 7 – Převodovka
- 8 – Napínání vratného bubnu
- 9 – Stěrač

1.5 Pohon pásového dopravníku

O pohon pásového dopravníku se stará poháněcí stanice obvykle sestávající z těchto částí: elektromotor, pásová brzda, pružné spojky, převodovka a hnací buben. Z pravidla využíváme k pohonu dva druhy elektromotorů a to: třífázové asynchronní motory s kotvou na krátko (u malých a středních dopravníků do 100 kW), nebo asynchronní motory s kotvou kroužkovou (u velkých dopravníků nad 100 kW).

Brzdu zařazujeme u šikmých dopravníků, abychom zabránili opětovnému rozběhu pásu po odpojení motoru.



Obrázek 1.3 – Schéma poháněcí stanice (4)

1.5.1 Druhy pohonů pásových dopravníků (2)

- Jednobubnový bez výložníku
- Jednobubnový s výložníkem
- Dvoububnový bez výložníku
- Dvoububnový s výložníkem, tzv. S pohon
- Dvoububnový s dvěma převáděcími bubny a výložníkem, tzv. Ω pohon

1.6 Bubny

Bubny dělíme dle způsobu výroby na lité a svařované. Z hlediska konstrukce se jeví výhodnější využití svařovaných bubnů, z důvodu nižší hmotnosti. Plášť bubnu může být vodorovný s kónickými konci, nebo lehce bombírován, aby vylepšil vedení pásu.

U bubnů lze také při konstrukci předepsat povrchovou úpravu, jako třeba pogumování, či použití keramiky na povrchu. Jako další možnost povrchové úpravy bubnů můžeme také

uvést vytvoření vzorku na bubnu. Těmito úpravami můžeme dosáhnout zvýšení schopnosti přenosu síly na pás, jelikož dojde k zvětšení součinitele smykového tření mezi bubnem a pásem.

1.6.1 Hnací bubny

Poháněcí buben bývá většinou umístěn na konci vedení v místě výsypu materiálu. Jeho hlavním účelem je předávání obvodové síly na pás, a tím zapříčinění jeho pohybu. V místě hnacího bubnu se také většinou mění pohyb dopravního pásu.

Hlavní úlohou hnacího bubnu je přenos točivého momentu z elektromotoru na pás, a tím uvedení přepravovaného materiálu do pohybu, k tomu může dojít díky tření mezi bubnem a pásem. Míru tření nám udává součinitel smykového tření, který se liší pro různé materiály a povrchové úpravy bubnu, a je také ovlivněn vnějšími podmínkami, např. vlhkostí prostředí apod.

Povrch bubnu	Stav	Součinitel tření
Ocelový hladký	Suchý	0,3
	Vlhký	0,2
	Mokrý	0,1
Dřevěný	Mokrý	0,15
	Suchý	0,35
Pogumovaný	Mokrý	0,5
Drážkovaný	Suchý	0,7
Keramický	Mokrý	0,6
	Suchý	0,7

Tabulka 1.1 -Hodnoty součinitele tření některých materiálů hnacích bubnů (2)



Obrázek 1.4 – Hnací buben, pogumovaný se vzorkem (5)

1.6.2 Vratné bubny

Hlavní funkcí vratného bubnu je změna směru pohybu dopravního pásu. Vratný buben bývá zpravidla umístěn jako koncový, v místě nakládání dopravovaného materiálu. V rámci konstrukce dopravníku se využívají k napínání dopravního pásu, pomocí ložisek, které jsou přichyceny k napínacímu mechanismu. Vratné bubny nebývají většinou poháněné, a nejsou pomocí nich přenášeny obvodové síly. Z pravidla se využívají bubny o stejných rozměrech a provedení jako hnací bubny.

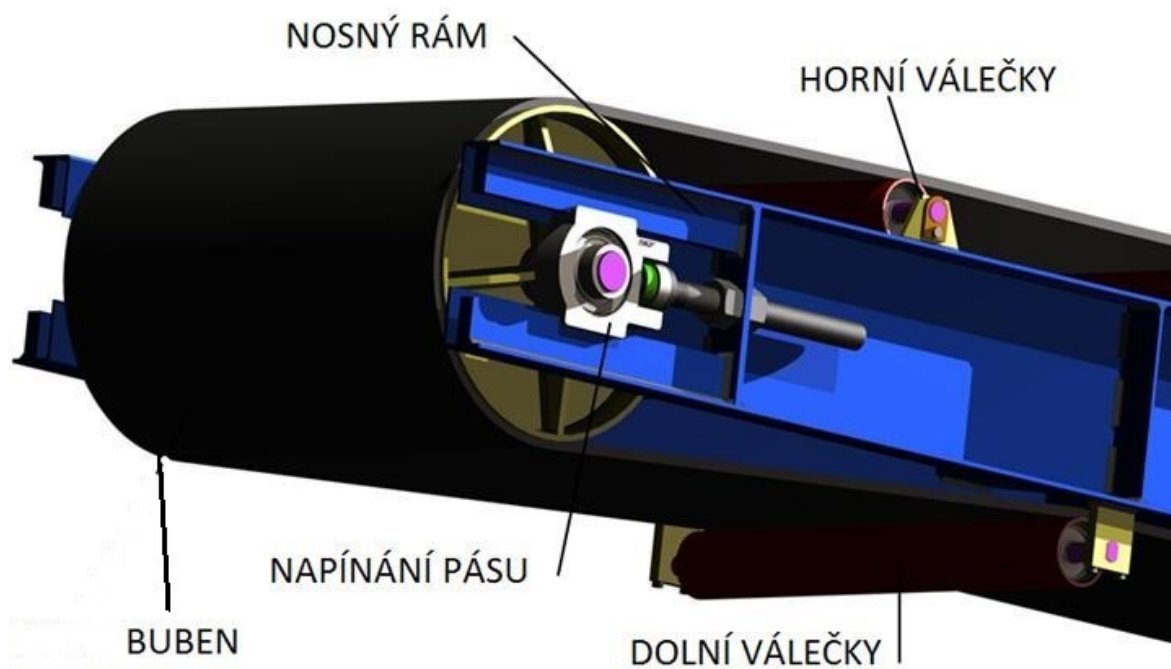
1.7 Napínací zařízení

Napínací zařízení je nezbytnou součástí pásových dopravníků, abychom dosáhli ideálního přenosu tažných sil, a aby nedocházelo k průhybu dopravního pásu, pod tíhou přepravovaného materiálu. Toho se docílí vytvořením předpětí v dopravním pásu. Pro vytvoření vhodného předpětí je třeba dosáhnout posunu napínacího válce zhruba o 2% dopravní délky. U dopravníků do 30 m volíme napínání pomocí šroubů.

Rozlišujeme 3 druhy napínání dle (2):

- Tuhé (např. napínací šroub)

- Napínání regulovatelnou silou
- Konstantní napínací síla (závaží)



Obrázek 1.5 – Dopravní pás napínaný pomocí šroubu (6)

1.8 Nosné konstrukce

Jedná se o rám spojující všechny prvky dopravního zařízení. Bývá tvořen z profilů a trubek. K této konstrukci se připevňuje poháněcí a vratná stanice, napínací zařízení, válečkové stolice a další příslušenství.



Obrázek 1.6 – Nosná konstrukce s válečkovými stolicemi (7)

1.9 Válečkové stolice

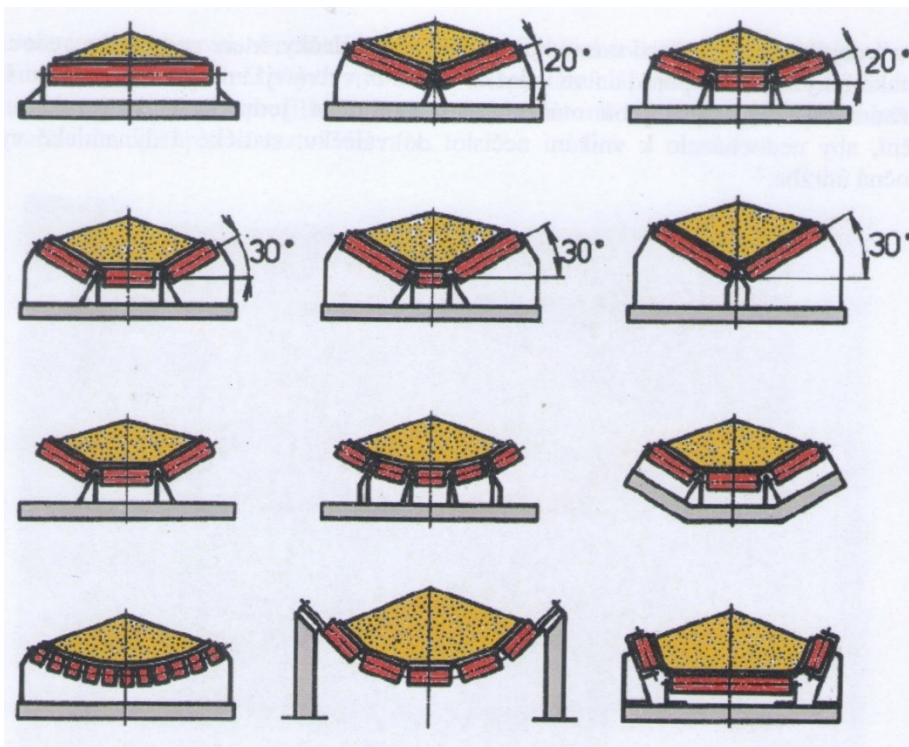
Válečkové stolice jsou důležitou součástí nosné konstrukce, podepírající dopravní pás od jednoho koncového bubnu k druhému. Mezi hlavní požadavky na válečkové stolice patří nízký odpor proti otáčení, nízká hmotnost, kvalitní zpracování s důrazem zejména na těsnost, aby nedocházelo k zanášení válečků nečistotou. Dobré vyvážení jak statické, tak i dynamické s jednoduchou údržbou.

Rozdělujeme 2 druhy válečků, válečky s pevnou osou a válečky s čepy ve víku. U válečku s pevnou osou je výhoda jejich jednoduchá vyměnitelnost a nízké odpory proti pohybu. Jako nevýhody těchto válečků považujeme vyšší hmotnost, cenu a větší rychlost kuliček v ložisku, což vede k snižování životnosti. Tyto válečky se využívají u pásu s menší šířkou. Pro pásy s větší šířkou je výhodnější použít válečky s čepy ve víku, jejich výhodou je nižší hmotnost a zároveň i cena. Mezi nevýhody válečků s čepy ve víku se řadí potřeba složitější montáže z důvodu nutnosti přesného uložení vík válečků.

Na utěsnění ložisek můžeme využít gumové těsnicí kroužky, nebo také labyrintová těsnění. Výhodou gumových těsnících kroužků je jednoduchost a nízká cena, nevýhodou je, že zvyšují odpor proti válení, Využívají se především u válečků s menšími průměry. U

válečků s většími průměry využíváme labyrintové těsnění, které se vyrábí lisováním z plechu nebo soustružením, tím se ale zvyšuje náročnost výroby válečků a také cena.

Válečky jsou nasazeny na stolicích, které jsou odnímatelně připevněny ke konstrukci dopravníku. Válečky jsou vkládány jak do horní nosné větve, kde popírají pás s materiálem tak i do spodní vratné větve, kde podpírají vracející se pás. Válečky můžeme uspořádat do válečkových stolic normalizovaného provedení, abychom dosáhli vhodnějších vlastností dopravníku, např. jako opatření proti vybočování pásu, možnost naložení většího množství materiálu tak aby nedocházelo k přesypu na bocích dopravníku apod. Při přepravě kusového zboží se užívá rovnoběžných válečkových stolic, které se jinak využívají především u vratných větví. Při přepravě např. sypkých materiálu je pak vhodnější využití korýtkových stolic.



Obrázek 1.7 – Možnosti uspořádání válečkových stolic pásového dopravníku (2)

1.10 Dopravní pásy

Dopravní pásy jsou sestaveny z textilních vložek, které tvoří nosnou kostru. Jako materiál pro jejich výrobu se používá bavlna, polyamid nebo jejich kombinace, těchto vložek se v jádru nachází mezi 2 až 14 kusy a navzájem se spojují vrstvami měkké gumy. Horní a dolní vrstvu tvoří pryž. Tato pryžová vrstva má za úkol ochránit horní část pásu před

nepříznivými účinky např. abrazivní účinky materiálu, atmosférické vlivy apod. Spodní část musí být chráněná především před opotřebením válečky, bubny a odíráním od vodících lišt. Doporučená tloušťka horní krycí vrstvy je obvykle mezi 1,5 až 5 mm, u spodní vrstvy 1,5 až 2 mm, u okrajů 5 až 20 mm, a to zejména v závislosti na dopravovaném materiálu.

Dopravovaný materiál	Tloušťka krycí vrstvy	
	Horní (mm)	Dolní (mm)
Písek, drobné uhlí, drobná škvára	2	1
Černé a hnědé uhlí, škvára, koks	3	2
Hrubozrnné uhlí, kámen	4 až 5	2
Železná ruda, ostré kameny	5 až 8	2 až 3

Tabulka 1.2 – Tloušťka krycí vrstvy dopravního pásu (2)

Dle (4) můžeme rozdělit pásy podle konstrukce na:

- Kryté, jejichž textilní kostra je chráněná gumovou vrstvou ze všech stran
- Řezané, vybavené ochranou gumou pouze z vrchní a spodní strany
- Nekryté, bez ochranných vrstev gumy

Dopravní pásy mohou být vyrobeny celistvé nebo nespojené. K spojení celistvých pásů se využívá vulkanizace po celé délce vnitřního obvodu pásu. Nespojené pásy se spojují až při montáži, a před samotným spojením je nutné seříznout textilní vložky tak aby spoje textilních vložek byly posunuty alespoň o 200 mm. Nevýhodou spojení pásu pomocí svorek je přenos pouze 70 % pevnosti, proto se využívá pouze u málo namáhaných pásů.

Dopravní pás, je uzavřený prvek napnutý mezi koncovými bubny a je považován za nejdůležitější součást dopravního zařízení. Plní funkci dopravy materiálu nebo osob po dopravní délce. Pro správné fungování je nutné, aby dopravní pás fungoval také jako tažný prvek, který překonává odpory vznikající jeho pohybem.

Dopravní pásy můžeme rozdělit dle materiálu, z kterého jsou vyrobeny na:

- Gumové
- Z polyvinylchloridu (PVC)
- Ocelgumové
- Z drátěného pletiva
- Ocelové

V praxi se nejčastěji využívá pásu vyrobených z gumy a z PVC. Klíčové pro navržení správného dopravního pásu je seznámit se s všemi parametry a podmínkami využití, ať už ohledně dopravního převýšení, vzdálenosti, ale i z hlediska vhodnosti na přepravu zvoleného materiálu.

1.10.1 Gumové a PVC pásy

Mezi výhody tohoto materiálu patří možnost výroby pásu fungujících s bubny o malých průměrech, možnost barevného přizpůsobení pásu dle přání zákazníka, ale i možnost antistatického provedení, případně jiných povrchových úprav pro lepší vedení materiálu. Kombinací gumového pásu například s bočními vlnovci, můžeme dosáhnout přepravy většího množství materiálu, jak u vodorovných, tak i u šikmých dopravníků.

1.10.2 Ocelové pásy

Tyto pásy se vyrábějí válcováním plechu za studena na tloušťku 0,4 až 1,6 mm. Pás můžeme vyrobit o šířce 300 až 800 mm. Spojují se za pomoci nýtování za studena, nýty s oboustranně zapuštěnou hlavou. Překrytím a spojením více plechů lze vytvořit i pás o větší šířce.

Mezi výhody tohoto pásu patří snadný odvod materiálu z pásu, vysoká odolnost proti chemikáliím, odolnost vůči vysokým teplotám. Díky těmto vlastnostem nacházejí využití především při přepravě abrazivních materiálu a v potravinářském průmyslu.

Jako nevýhody považujeme nižší dopravní rychlost (mezi $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ – 2 m.s^{-1}), menší životnost a možnost využití pouze u dopravníků s menší dopravní délkou (z důvodu rostoucího odporu proti pohybu).

1.11 Příslušenství k dopravním pásům

Abychom zlepšili odvod, nebo přívod materiálu na dopravní pás, a nebo abychom zabránili nežádoucím účinkům vznikajících při dopravě určitých materiálů, např. nalepování

materiálů na pás, přidáváme do konstrukce dopravníku příslušenství, jako třeba čističe pásu apod.

1.11.1 Přesypy pásových dopravníků

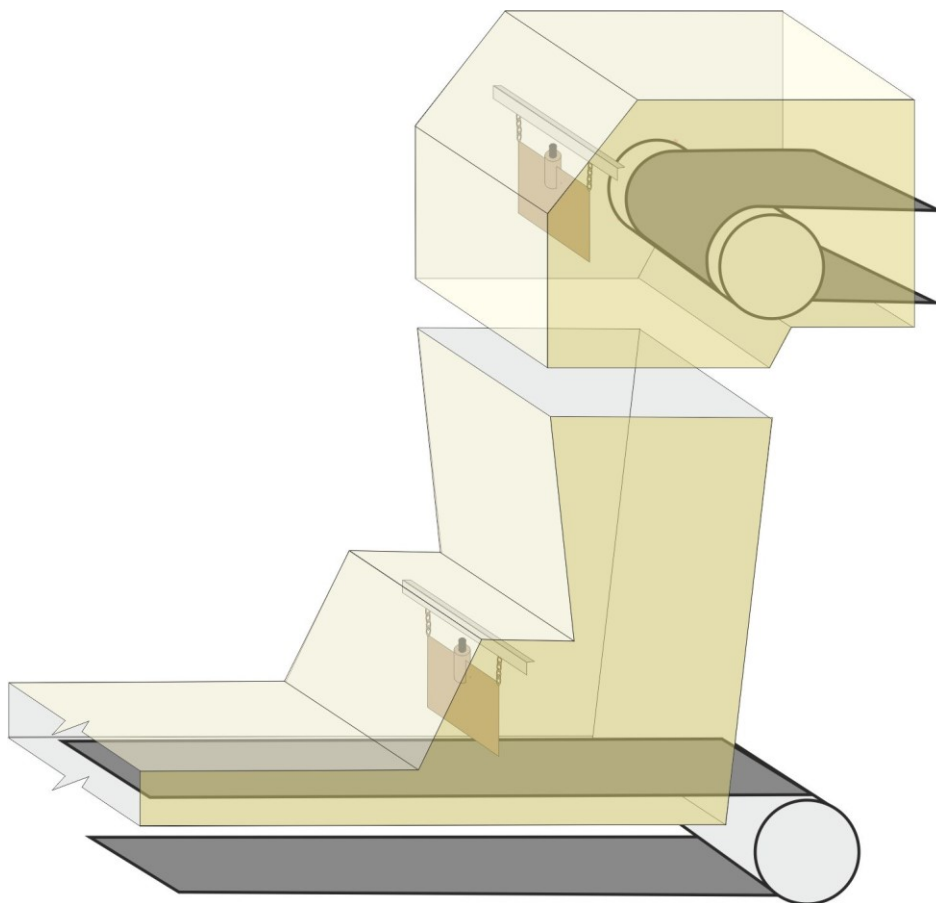
Přesypy pomocí svého tvaru a konstrukce umožňují přemísťování materiálu z jednoho dopravního zařízení na další. Jako nejzákladnější přesypy považujeme přesyp přímý a přesyp boční. Nejdůležitější je při konstrukci postupovat, tak aby výsledný přesyp zachycoval co největší množství kinetické energie, proto je doporučeno navrhnout co nejnižší výšku pádu materiálu na přesyp. Při ideálně navrhnutém přesypu by měl být materiál přiváděn na druhé dopravní zařízení s podobnou rychlostí a směrem s jakým se ono zařízení pohybuje.

Mezi nejdůležitější kritéria při volbě násypu a výsypu materiálu patří rovnoměrně rozložení přísunu a odsunu materiálu na pás a jeho množství.

Dle [2] rozlišujeme 5 druhů shazování materiálu:

- Shazování přes koncový buben
- Shazování přes mezi buben
- Průběžné odebírání na jednom pevném místě
- Průběžné odebírání na více pevných místech
- Proměnlivě průběžné odebírání

Při vytváření přesypu můžeme použít také další z příslušenství k pásovým dopravníkům pro zlepšení výsledné funkce. (stěrače, shazovací vozík atd.)



Obrázek 1.8 – Přesyp pásového dopravníku (8)

1.11.2 Shazovací zařízení

Slouží k odebrání přepravovaného materiálu v konkrétním stanoveném místě na dopravním páse.

Dle (2) rozlišujeme tyto shazovací zařízení:

- Jednostranný pluh
- Oboustranný pluh
- Shazovací vůz

Jednostranný pluh je ocelový shazovací štít, umístěný na požadovaném místě na dopravním vedení, pod určitým úhlem k ose, po které se pohybuje pás. Materiál je donucen nárazem do štítu změnit směr, a přes přepad opustit dopravní pás.

Oboustranný pluh je zařízení fungující podobně jako jednostranný pluh s jedním rozdílem, a to ve tvaru shazovacího štítu, který má tvar písmena V. Tento štít zadrží a rozdělí materiál na dvě části, které pak přepadávají z obou stran pásu do výsypky. Výhodou těchto druhů shazovacích zařízení je jejich jednoduchost, malá velikost a nízká výška. Mezi nevýhody patří poškození shazovacích štítů a opotřebení v důsledku nárazů shazovaného materiálu, hrozí poškození pásu, pokud dojde k zaseknutí materiálu po shazovacím štítem. Z toho důvodu se používá hlavně při dopravě neabrazivních materiálů a při kusové dopravě. Při konstrukci je důležité podepřít dopravní pás větším množstvím válečků v místě shazovacího štítu, aby nedošlo průhybu pásu a podjetí pluhu.

Shazovací vůz je zařízení, na kterém jsou připevněny dva válce a násypka. Při průchodu pásu přes tyto válce vzniká smyčka ve tvaru písmene S. Dopravní pás při průchodu přes shazovací vůz roztáčí válce, které jsou připojeny ke kolům shazovacího vozu, čímž dochází k jeho pohybu, nejčastěji se však využívá samostatný nezávislý pohon. Tento druh shazování se používá při postupném zásobování za sebou v řadě. Výhodou shazovacího vozu je možnost nastavení jeho polohy v libovolné části pásu. Mezi nevýhody patří vysoká váha, rozměry, složitost konstrukce a zvýšené opotřebení pásu z důvodu dodatečného ohybu.



Obrázek 1.9 – Shazovací vůz (9)

1.11.3 Čističe pásových dopravníků

Při dopravě některých materiálu může dojít k jeho nalepování na dopravní pás, což vede k potřebě tento materiál od pásu oddělit, aby například nedocházelo z přetěžování dopravního pásu, zanášení konstrukce apod. K tomu slouží čističe dopravních pásů. Řešení čističů pásů je velice individuální a konstruktér volí pro každý pás, podmínky a přepravovaný materiál jiné řešení, které naprosto vyhovuje jeho potřebám. Z toho důvodu nelze vytvořit univerzální čistič dopravních pásů, fungující s více rozměry dopravních pásů a při dopravě různých materiálu za různých podmínek. Z toho důvodu bylo vytvořeno mnoho různých variant systému stírání dopravních pásů např. systém PIGLET, jež nachází své využití v potravinářském průmyslu nebo stěrač SHD, silně dimenzované pro funkci v těch nejnáročnějších podmínkách.

1.12 Bezpečnostní prvky pásových dopravníků

Při konstrukci pásových dopravníků je důležité vzít v potaz, že se s největší pravděpodobností budou nacházet ve výrobních závodech a podnicích, po kterých se bude pohybovat velké množství zaměstnanců a dalších osob, pro které mohou provozem pásového dopravníku vznikat bezpečnostní rizika. Z toho důvodu je třeba při konstrukci přijmout opatření a zařadit do návrhu bezpečnostní prvky, které tyto rizika sníží. Na zabezpečení je třeba dbát zejména v místech, které jsou v dosahu zaměstnanců, jejich pracovišť nebo průchodů a hlavně tam, kde není možné vidět z kontrolního stanoviště provozu.

První kroky návrhu zabezpečení všech dopravních zařízení s plynulou dopravou, vycházejí z norem ČSN ISO 1819 a ČSN ISO 7149, které zahrnují základní bezpečnostní ustanovení, vztahující se na konstrukci, montáž, obsluhu a všechny ostatní běžné činnosti těchto zařízení za normálních podmínek.

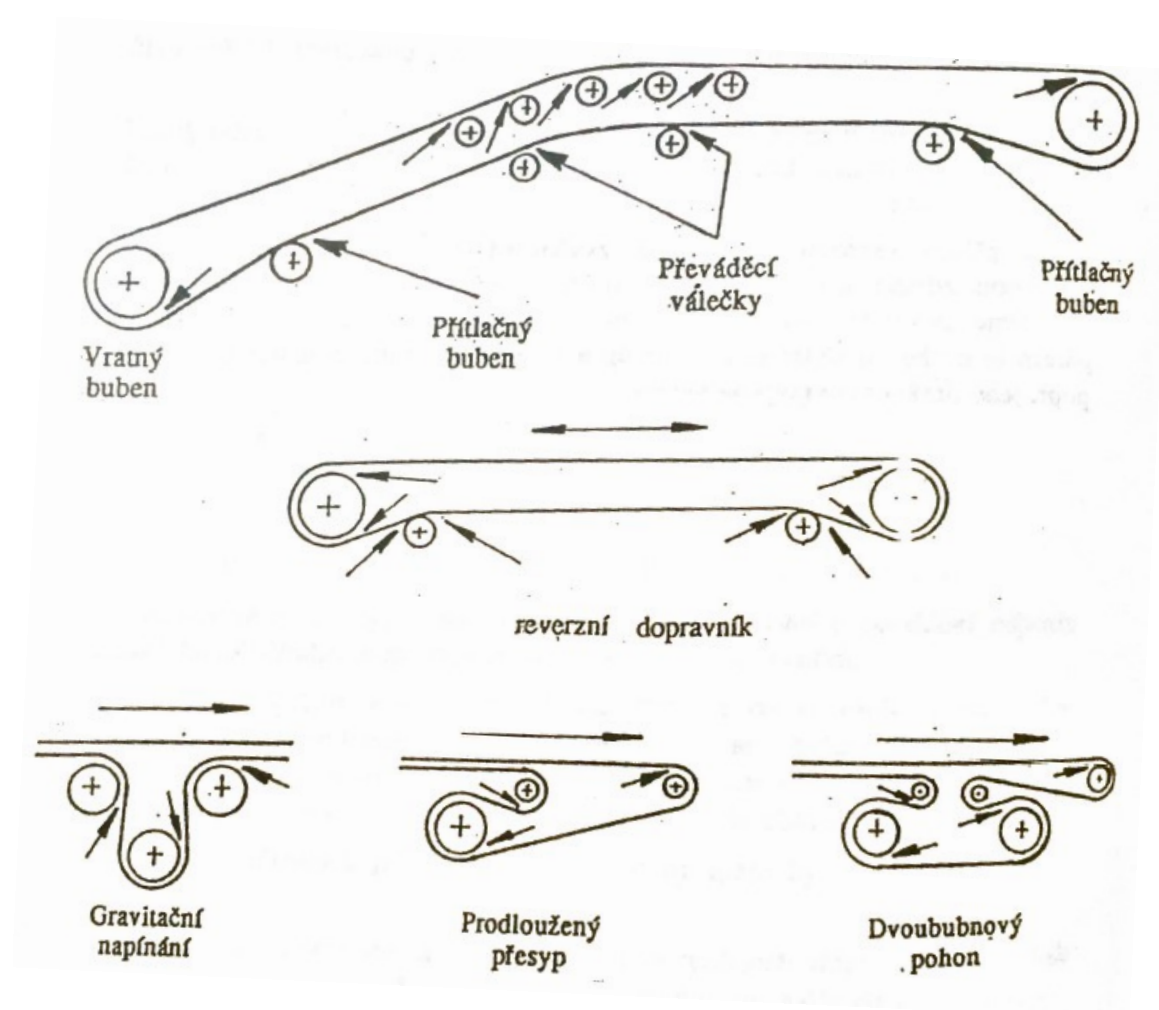
V těchto normách nalezneme nařízení pro návrh bezpečných přístupových cest, a také obslužných a údržbových míst. Dále specifikuje doporučené rozměry a odstupy průchodů, podchodů kolem a pod dopravním zařízením. Všechna místa vbíhání unášejících, nebo tažných prvků a veškeré pohyblivé části, které se nacházející v místech s pohybem zaměstnanců, je třeba opatřit kryty.

Významnou částí bezpečnostních prvků je především systém havarijního odstavení dopravního zařízení. Funkce havarijního zastavení dopravníku je realizována pomocí vypínačů, které umístíme v místech nakládání, vykládání, přesypů a tam, kde se u zařízení

trvale pracuje. U centrálně řízených dopravních zařízení umísťujeme vypínače také do nepřehledných míst, které nelze kontrolovat z řídicího stanoviště. U těchto vypínačů je důležité zajistit zřetelné označení těchto prvků a snadný přístup k nim. Další možností je systém lankového vypínání, pomocí lanka napnutého podél celého dopravníku. Systém havarijního zastavení dopravníku je nutno nastavit tak, aby po použití mohla zařízení uvést do provozu pouze oprávněná osoba.

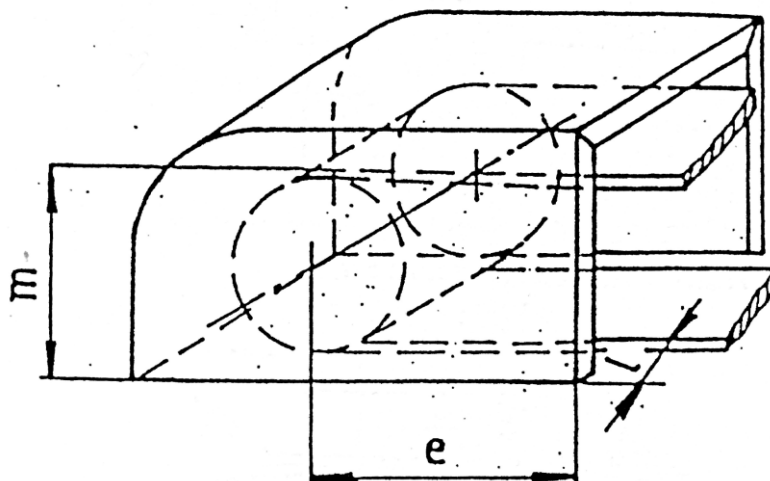
1.12.1 Bezpečnostní opatření pro bubny pásových dopravníků

Tato opatření podléhají normě ČSN 26 0605. Za nejnebezpečnější místa na pásových dopravnících považujeme ta, ve kterých dochází k sbíhání dopravního pásu a bubnu, tj. zejména tam, kde pás nabíhá na bubny nebo válečky, kde hrozí zde nebezpečí vtažení. Jako bezpečnostní opatření přidáváme v těchto místech na konstrukci výplňové zábrany, které chrání přímo kritická místa, ale zároveň neovlivňují a neztěžují provoz a údržbu.



Obrázek 1.10 – Místa s největším nebezpečím vtažení (10)

Další možností jak zabránit vtažení, je opatření kritických míst, u kterých se pohybují zaměstnanci, plechovými kryty. Tyto kryty mohou dle potřeby zakrývat napínání, prostor mezi podélníky konstrukce nebo taky horní části dopravního zařízení. Dopravníky lze také v případě potřeby opatřit uzavřenými kryty nebo ochrannými kryty, zabraňujícími v přístupu ze strany, případně shora, v tom případě je ale nutné dodržet pokyny uvedené v příloze A normy ČSN 26 0605, která specifikuje minimální požadované vzdálenosti od os bubnů k okrajům ochranných krytů.



Obrázek 1.11 – Ukázka uzavřeného ochranného krytu (10)

2 Charakteristika dopravovaného materiálu

Černé uhlí je hořlavý sediment, vzniklý karbonifikací (prouhelněním) rostlinných zbytků. Významný vliv na tento proces má tlak, teplota a čas. Vlivem těchto faktorů dochází v horizontu desítek miliónů let k postupnému růstu obsahu uhlíku a vzniku černého uhlí.

Černé uhlí obsahuje 72 – 92 % uhlíku, je černé až černohnědé barvy (16). Technologická klasifikace uhlí je založená obsahu tzv. prchavé hořlaviny, tj. technologický údaj vyjadřující množství hořlavých látek, které uniknou ze vzorku při zahřívání, za nepřístupu vzduchu na teplotu 850°C. Pevný zbytek po tomto procesu je nazýván koks a skládá se z neprchavé hořlaviny a popelovin.

Tato surovina je využívána v závislosti na své kvalitě především pro výrobu koksu a pro výrobu elektrické energie. Své využití však našla i v chemickém průmyslu, a také k vytápění domácností.

Významné ložiska černého uhlí se nachází na našem území např. v kladensko-rakovnické pánvi, plzeňské pánvi a zejména v ostravsko-karvinské oblasti.

2.1 Mechanicko-fyzikální parametry černého uhlí dle literatury (18,19)

V tabulce 2.1 se nachází některé důležité mechanicko-fyzikální veličiny dle literatury, podstatné pro návrh dopravních zařízení a některých jiných technologických zařízení přicházejících do styku s černým uhlím.

Veličina	Značka	Jednotka	Hodnota
Sypná hmotnost	ρ_s	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	850-1100
Dynamický sypný úhel	ψ_d	°	15 - 18
Statický sypný úhel	ϕ_r	°	36
Úhel vnitřního tření	ϕ_i	°	31

Tabulka 2.1 – Některé mechanicko-fyzikální vlastnosti dle literatury (18,19)

2.2 Určení materiálových veličin pro dopravu

Vzorek černého uhlí byl podroben několika měřením, aby byly určeny některé důležité základní vlastnosti a také veličiny důležité pro návrh dopravníku.



Obrázek 2.1 – Vzorek černého uhlí

2.2.1 Sítová analýza

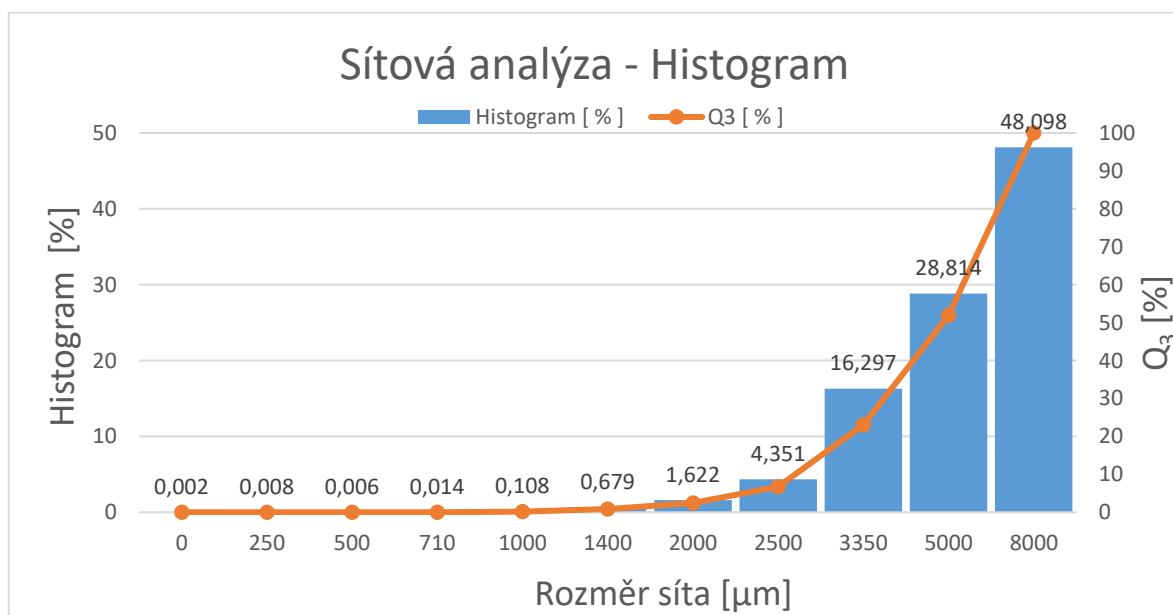
Tato metoda se využívá k určení rozložení a četnosti různých velikostí zrn ve vzorku. Princip této metody spočívá v prosévání vzorku pomocí vibrací skrz sloupec sít seřazených od největších rozměrů mřížek sestupně po nejmenší. Nejníže umístíme misku, která zachytí nejmenší zrna, propadající přes všechna síta. Všechna síta jsou nejprve zváženy prázdné a potom sestaveny do sloupce a upevněny k přístroji vyvíjejícímu vibrace. Zvážený vzorek je nasypán na nejvyšší síto a zvolenou frekvencí vibrací, po určený čas, proséván skrze síta. Po vypnutí přístroje jsou síta i se zachycenými částmi vzorku zváženy, a po odečtení od hmotnosti prázdných sít, je získána hmotnost materiálu zachycených na jednotlivých sítích. Tato data jsou pak statisticky zpracována a zavedena do histogramu, který graficky znázorní rozložení velikostí zrn ve vzorku.

Síto č. [-]	Rozměr síta [μm]	Hmotnost			Histogram [%]	Q ₃ [%]
		m _s [g]	m _{s+f} [g]	m _f [g]		
Miska	0	332,49	332,50	0,01	0,002	0,002
1	250	287,00	287,04	0,04	0,008	0,010
2	500	273,28	273,31	0,03	0,006	0,016
3	710	325,03	325,10	0,07	0,014	0,030
4	1000	321,18	321,72	0,54	0,108	0,138
5	1400	350,49	353,88	3,39	0,679	0,818
6	2000	329,81	337,90	8,09	1,622	2,439
7	2500	379,58	401,29	21,71	4,351	6,791
8	3350	361,21	442,52	81,31	16,297	23,088
9	5000	387,33	531,09	143,76	28,814	51,902
10	8000	418,42	658,39	239,97	48,098	100,000
		Σm_f [g]			Σm_f [%]	
		498,92			100,000	

Tabulka 2.2 – Výsledky sítové analýzy

Parametry měření	
Amplituda	1,5 mm
Doba měření	15 min
Hmotnost vzorku	498,92 g

Tabulka 2.3 – Parametry měření sítové analýzy

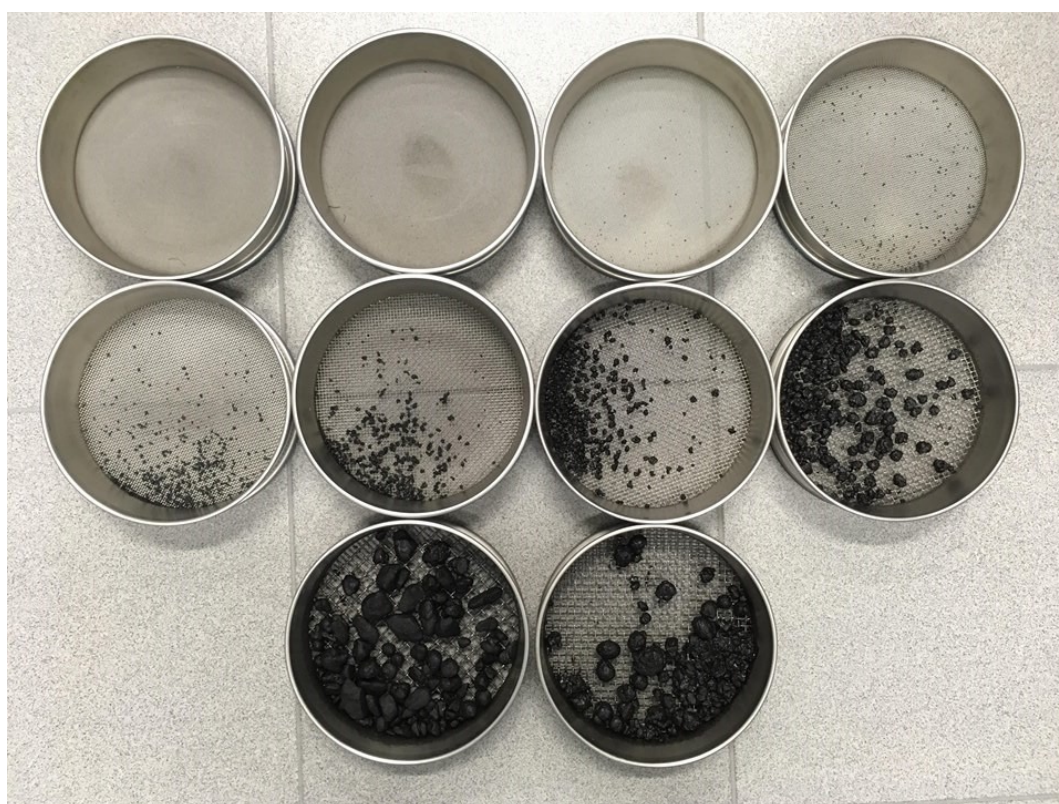


Graf 2.1 – Histogram

Z výsledků měření je patrné, že téměř 50% materiálu má velikost zrna nad 8 mm.



Obrázek 2.2 – Sítová analýza



Obrázek 2.3 – Síta po ukončení měření

2.2.2 Sypná hmotnost

Sypná hmotnost může být určena pomocí jednoduchého měření, ke kterému je potřeba váha a odměrný válec. Prázdný odměrný válec je zvážen, a následně naplněn vzorkem materiálu na zvolený objem, naplněný válec je opět zvážen. Odečtením těchto dvou hodnot je zjištěna hmotnost vzorku. Sypnou hmotnost pak určíme pomocí vzorce (2.1).

$$\rho_s = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Sypná hmotnost						
č. měření	Objem	Hmotnost	Objem	Hmotnost	Sypná hmotnost	
[-]	[ml]	[g]	[m ³]	[kg]	[kg · m ⁻³]	
1	206	142,8	0,000206	0,1428	693,2038835	
2	220	153,16	0,00022	0,15316	696,1818182	
3	210	154,54	0,00021	0,15454	735,9047619	
4	204	159,83	0,000204	0,15983	783,4803922	
Průměrná hodnota:					727,1927139	
Směrodatná odchylka:					36,60983047	

Tabulka 2.4 – Výsledky měření sypné hmotnosti



Obrázek 2.4 – Měření sypné hmotnosti

Výsledná spočtená hodnota sypné hmotnosti je 727,19 kg·m⁻³.

2.2.3 Maximální velikost zrna

Maximální velikost zrna byla určena změřením největších zrn vzorku pomocí posuvného měřidla a následným výpočtem průměrné hodnoty.

Maximální velikost zrna	
č. měření	Délka zrna
[-]	[mm]
1	32,6
2	37,7
3	30,91
4	41,96
5	37,4
Průměrná hodnota:	36,114
Směrodatná odchylka:	3,943976

Tabulka 2.5 – Výsledky měření maximální velikosti zrna

Určená hodnota maximální velikosti zrna je 36,114 mm.

2.2.4 Statický sypný úhel

Statický sypný úhel byl naměřen na volně loženém materiálu pomocí digitální vodováhy. Vzorkem materiálu byla naplněna trubka, přiložená dnem na podložce. Plynulým tahem trubkou nahoru došlo vysypání materiálu na podložku. Na materiálu byl následně na 8 místech (cca co 45°) naměřen statický sypný úhel a výsledná hodnota byla získána zprůměrováním těchto hodnot.

Statický sypný úhel	
č. měření	Statický sypný úhel
[-]	[°]
1	38,3
2	33,5
3	36,2
4	37,1
5	35,3
6	33,1
7	36,2
8	31,7
Průměrná hodnota:	35,175
Směrodatná odchylka:	2,084916

Tabulka 2.6 – Výsledky měření statického sypného úhlu

Výsledná hodnota statického sypného úhlu je 35,18°.



Obrázek 2.5 – Vytvoření volně ložené hromady vzorku materiálu



Obrázek 2.6 – Znázornění statického sypného úhlu

2.2.5 Dynamický sypný úhel

Dynamický sypný úhel je možné změřit podobnou metodou jako statický sypný úhel. Pomocí trubky je vytvořena volně ložená hromada materiálu, jejíž podložka je ponechána po zvolený čas vibrovat frekvencí podobné frekvenci dopravníku. Následně je opět na 8 místech změřen pomocí digitální vodováhy dynamický sypný úhel. Výsledná hodnota dynamického sypného úhlu je dána průměrem naměřených hodnot.

Dynamický sypný úhel	
č. měření [-]	Dynamický sypný úhel [°]
1	22,9
2	22,2
3	26,7
4	28,2
5	31,9
6	28,3
7	28,9
8	22,8
Průměrná hodnota:	26,4875
Směrodatná odchylka:	3,283077

Tabulka 2.7 – Výsledky měření dynamického sypného úhlu

Parametry měření	
Délka trubky:	500 mm
Průměr trubky:	60 mm
Hmotnost materiálu:	1580,15 g
Frekvence:	1 Hz
Čas:	30 s

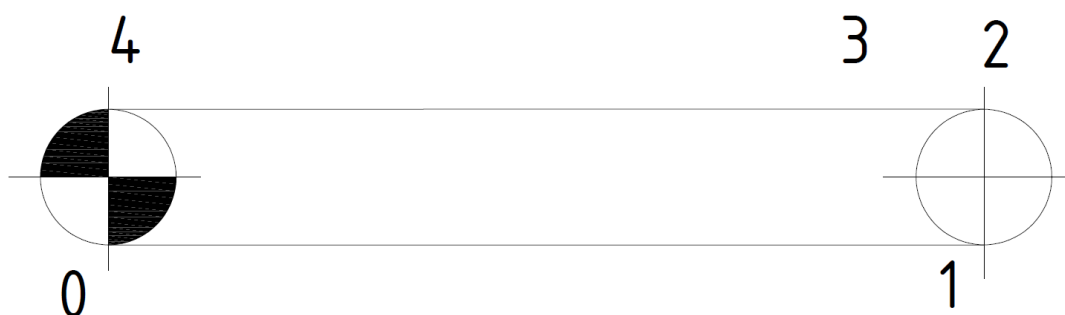
Tabulka 2.8 – Parametry měření dynamického a statického sypného úhlu

Výsledný vypočtený dynamický sypný úhel je 26,49°.

3 Graficko-početní metoda návrhu pásového dopravníku

První návrh a výpočet dopravníku byl proveden nejprve méně přesnou graficko-početní metodou, aby byli určeny tahy v některých místech pásu, které potřebujeme znát pro výpočet dle normy ČSN ISO 5048.

3.1 Určení kritických míst na páse



Obrázek 3.1 – Kritická místa pásového dopravníku

3.2 Tahy v páse

$$T_0 = F_0 + F_r = F_0 + 300 \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} T_1 &= T_0 + (q_{RU} + q_B) \cdot L \cdot g \cdot w \\ &= F_0 + 300 + (2,27 + 3,66) \cdot 41 \cdot 9,81 \cdot 0,02 \\ &= F_0 + 347,7 \end{aligned}$$

$$T_2 = T_1 + F_{B1} = F_0 + 347,7 + 500 = F_0 + 847,7$$

$$\begin{aligned} T_3 &= T_2 + ((q_{RO} + q_B) \cdot L_1 + q_G \cdot L_2) \cdot w \cdot g + F_{gL} \\ &= F_0 + 847,7 + ((9,39 + 3,66) \cdot 4,4 + 18,84 \\ &\quad \cdot 2,5) \cdot 0,02 \cdot 9,81 + 38,84 = F_0 + 907,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_4 &= T_3 + (q_{RO} + q_B + q_G) \cdot (L - L_1) \cdot w \cdot g \\
&= F_0 + 907,05 + (9,39 + 3,66 + 18,84) \cdot (41 \\
&\quad - 4,4) \cdot 0,02 \cdot 9,81 = F_0 + 1136,05
\end{aligned}$$

q_{RU} , q_{RO} , q_B , q_G vypočteno v rovnicích (4.9; 4.10; 4.13; 4.14), w a F_B zvoleno dle (20)

F_r a F_{gL} vypočteno v rovnici (4.24; 4.25)

3.3 Výpočet výkonu pohonu

$$F = F_N - F_0 = T_4 - F_0 = F_0 + 1136,05 - F_0 = 1136,05 \text{ N} \quad (3.2)$$

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta_c} = \frac{1136,05 \cdot 1,05}{0,8} = 1491,07 \text{ W} \quad (3.3)$$

η_c je účinnost pohonu, zvoleno 0,8 dle (21).

3.4 Výpočet obíhající síly

$$\begin{aligned}
F_0 &\geq \frac{F \cdot k_s}{e^{\eta \cdot \alpha_G} - 1} \\
F_0 &\geq \frac{1136,05 \cdot 1,3}{e^{0,35 \cdot 3,32} - 1} \\
F_0 &\geq 672,43 \text{ N}
\end{aligned} \quad (3.4)$$

k_s bylo zvoleno 1,3, η zvoleno 0,35 (20), úhel opásání α_G určen z výkresu sestavy.

3.5 Minimální tah v horní větvi

$$T_{minH} = \frac{(q_B + q_G) \cdot g \cdot a_0}{8 \cdot y_{max}} \quad (3.5)$$
$$T_{minH} = \frac{(3,66 + 18,84) \cdot 9,81 \cdot 0,8}{8 \cdot 0,01} = 2207,25 \text{ N}$$

$$T_{minH} \leq T_2 \quad (3.6)$$
$$2207,25 \leq F_0 + 847,7$$
$$2207,25 - 847,7 \leq F_0$$
$$1359,55 \text{ N} \leq F_0$$

3.6 Minimální tah v spodní větvi

$$T_{minS} = \frac{q_B \cdot g \cdot a_U}{8 \cdot y_{max}} \quad (3.7)$$
$$T_{minS} = \frac{3,66 \cdot 9,81 \cdot 2}{8 \cdot 0,01} = 897,615 \text{ N}$$

$$T_{minS} \leq T_1 \quad (3.8)$$
$$897,615 \leq F_0 + 347,7$$
$$897,615 - 347,7 \leq F_0$$
$$549,92 \text{ N} \leq F_0$$

3.7 Volba odbíhající síly

Velikost odbíhající síly F_0 musí být taková, aby byly splněny všechny výše vypočtené podmínky. F_0 volím 1400 N.

3.8 Důpočet tahu v pásu

Z rovnic 3.1 dupočítáme tahu v kritických místech pásu.

$$\begin{aligned}T_0 &= F_0 + 300 = 1400 + 300 = 1700 \text{ N} \\T_1 &= F_0 + 347,7 = 1400 + 347,7 = 1747,7 \text{ N} \\T_2 &= F_0 + 847,7 = 1400 + 847,7 = 2247,7 \text{ N} \\T_3 &= F_0 + 888,63 = 1400 + 907,05 = 2307,05 \text{ N} \\T_4 &= F_0 + 911,97 = 1400 + 911,97 = 2311,97 \text{ N}\end{aligned}\tag{3.9}$$

3.9 Kontrola pásu na přetržení

$$\begin{aligned}T_{max} \cdot k_B &\leq \sigma_{DOV} \cdot B \\k_B &\leq \frac{\sigma_{DOV} \cdot B}{T_{max}} \\10 &\leq \frac{315000 \cdot 0,5}{2311,97} \\10 &< 65,68\end{aligned}\tag{3.10}$$

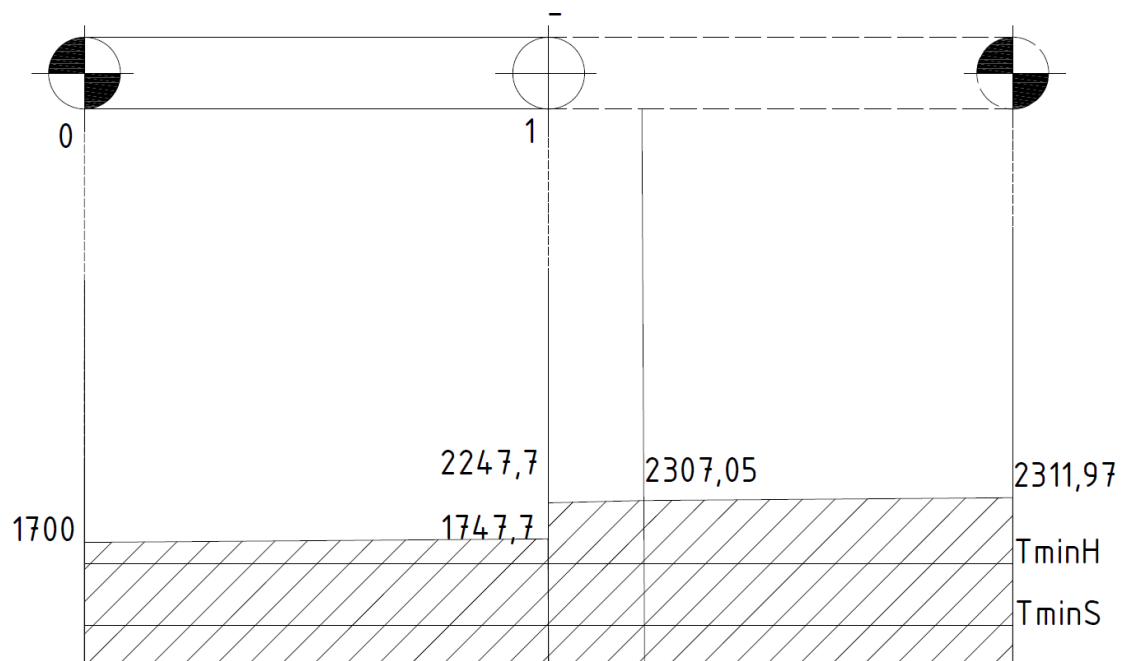
Bezpečnost pásu k_B volím 10. Pás splňuje všechny podmínky. Dovolené namáhání pásu v tahu f_t určeno dle parametrů výrobce pásu.

$$\sigma_{DOV} = 1000 \cdot B \cdot f_t = 1000 \cdot 0,5 \cdot 630 = 315\,000 \text{ Pa}\tag{3.11}$$

3.10 Výpočet napínací síly

$$F_{NAP} = T_2 + T_1 = 2247,7 + 1747,7 = 3995,4 \text{ N}\tag{3.12}$$

3.11 Graf průběhu sil v pásu



Obrázek 3.2 – Průběh sil v pásu

4 Výpočet a návrh pásového dopravníku

Je navrhován vodorovný pásový dopravník na dopravu černého uhlí. Výpočet je proveden dle normy ČSN ISO 5048 (15).

4.1 Požadované parametry

Dopravní výkon: $Q = 50 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$

Šířka dopravního pásu: $B = 500 \text{ mm}$

Délka dopravníku: $L = 41 \text{ m}$

Dopravní výška: $H = 0 \text{ m}$

4.2 Materiálové vlastnosti

Dle provedených měření (kapitola 2) byly určeny materiálové vlastnosti důležité pro výpočet a návrh pásového dopravníku.

Sypná hmotnost: $\rho_s = 727,19 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Dynamický sypný úhel: $\psi_{dyn} = 26,49^\circ$

Maximální velikost zrna: $d_{max} = 36,11 \text{ mm}$

4.3 Volba pásu

Dopravní pás byl zvolen od firmy Gumex typ EP 630/3 s třemi vložkami a pevností 630 N/mm.

Typ	Šířka	Tloušťka	Hmotnost
EP 630/3	500 mm	10 mm	7,32 kg/m

Tabulka 4.1 – Parametry dopravního pásu (11)

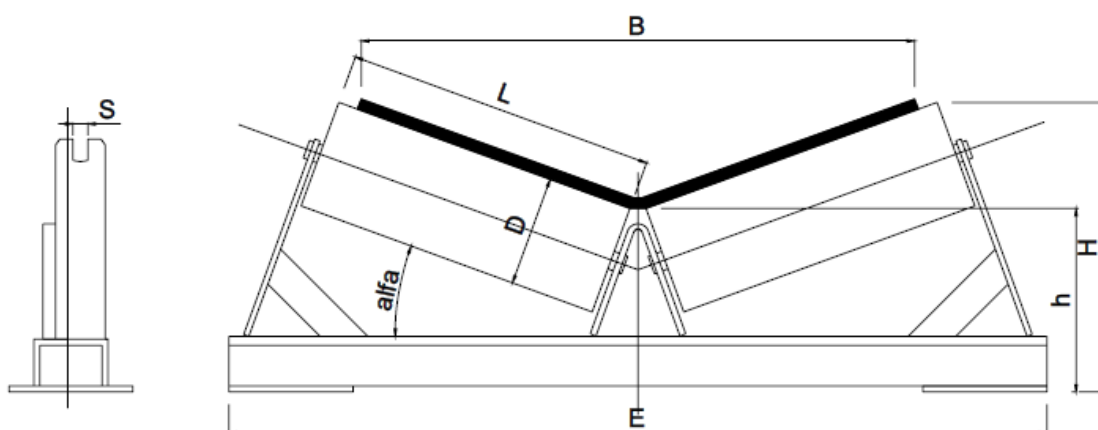
4.4 Volba válečků a válečkových stolic

4.4.1 Volba horních válečkových stolic

S ohledem na charakter dopravovaného materiálu volím dvou-válečkové uspořádání válečkových stolic. Zvolil jsem stolice od firmy AMG Karel Pícha s parametry uvedených v tabulce níže.

Průměr válečků - D	Délka válečků - L	Plošky hřídele - S	Celková délka - E	H	h	Hmotnost
89	315	14	800	230	125	5,7

Tabulka 4.2 – Parametry válečkových stolic (12)



Obrázek 4.1 – Náčres válečkové stoličky (12)

Sklon bočních válečků: $\alpha = 20^\circ$

Šířka dopravního pásu: $B = 500 \text{ mm}$

Rozteč válečků v horní větvi: $a_0 = 800 \text{ mm}$

4.4.2 Volba závěsů dolních válečků

Volím závěs dolních válečků s rozměry v tabulce 4.3

d (mm)	s (mm)	H (mm)
20	14	84

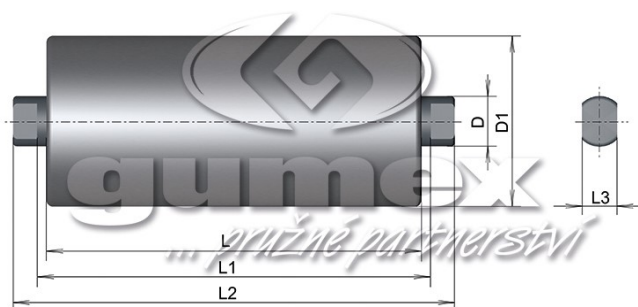
Tabulka 4.3 – rozměry závěsů dolních válečků

4.4.3 Volba horních válečků

Do horních válečkových stolic volím hladké válečky od firmy Gumex s rozměry uvedenými v tabulce 4.4.

D (mm)	D ₁ (mm)	L (mm)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	Hmotnost (kg)
20	89	315	323	341	14	3,32

Tabulka 4.4 – horních válečků (13)



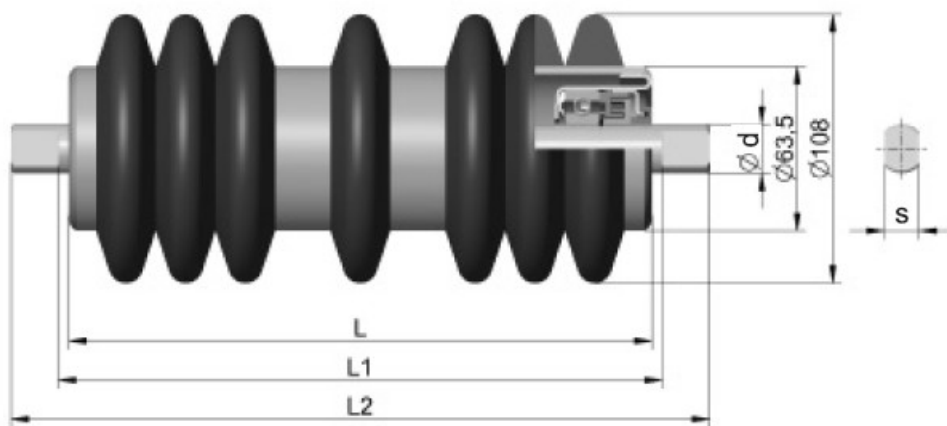
Obrázek 4.2 – Nákres hladkého válečku (13)

4.4.4 Volba dolních válečků

Volím diskové válečky 108/63x500/6204 od firmy Transroll, rozměry a důležité parametry jsou uvedeny v tabulce 1.3.

Název – rozměr:	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	Počet disků	Hmotnost rot. dílů	Celková hmotnost
108/63x500/6204	608	646	5 + 2 + 5	4,9	6,6

Tabulka 4.5 – Parametry dolních válečků (14)



Obrázek 4.3 – Náčres diskových válečků (13)

4.5 Volba rychlosti pásu

Rychlost pásu volím $1,05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

4.6 Teoretický průřez

$$Q = S_T \cdot \rho_s \cdot v \cdot 3600 \quad (4.1)$$

$$S_T = \frac{Q}{\rho_s \cdot v \cdot 3600}$$

$$S_T = \frac{50\,000}{727,19 \cdot 1,05 \cdot 3600}$$

$$S_T = 0,018 \text{ m}^2$$

4.7 Celková plocha průřezu náplně

$$S = S_1 + S_2 \quad (4.2)$$

$$S = 0,013 + 0,01286$$

$$S = 0,02586 \text{ m}^2$$

4.8 Horní část průřezu

$$S_1 = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot \operatorname{tg} \psi_{dyn.} \quad (4.3)$$

$$S_1 = \frac{1}{6} \cdot 0,4^2 \cdot \operatorname{tg} 26,49$$

$$S_1 = 0,013 \, m^2$$

4.8.1 Korekce šířky pásu

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \quad (4.4)$$

$$b = 0,9 \cdot 0,5 - 0,05$$

$$b = 0,4 \, m$$

4.9 Dolní část průřezu

$$S_2 = \left(\frac{b}{2} \cdot \cos \alpha\right) \cdot \left(\frac{b}{2} \cdot \sin \alpha\right) \quad (4.5)$$

$$S_2 = \left(\frac{0,4}{2} \cdot \cos 20\right) \cdot \left(\frac{0,4}{2} \cdot \sin 20\right)$$

$$S_2 = 0,01286 \, m^2$$

4.10 Kontrola pásu na potřebný ložný prostor

$$S > S_T \quad (4.6)$$

$$0,02586 \, m^2 > 0,018 \, m^2$$

Zvolený pás vyhovuje.

4.11 Objemový dopravní výkon

$$I_V = S \cdot v \quad (4.7)$$

$$I_V = 0,02586 \cdot 1,05$$

$$I_V = 0,0272 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

4.12 Hmotnostní dopravní výkon

$$I_m = 3600 \cdot I_V \cdot \rho_s \quad (4.8)$$

$$I_m = 3600 \cdot 0,0272 \cdot 727,19$$

$$I_m = 71206,44 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

4.13 Hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m délky

$$q_G = \frac{I_V \cdot \rho_s}{v} \quad (4.9)$$

$$q_G = \frac{0,0272 \cdot 727,19}{1,05}$$

$$q_G = 18,84 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

4.14 Hmotnost 1 m dopravního pásu

$$q_B = B \cdot m_2 \quad (4.10)$$

$$q_B = 0,5 \cdot 7,32$$

$$q_B = 3,66 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

4.15 Teoretická obvodová síla potřebná na poháněcím bubnu

$$F_{UP} = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} \quad (4.11)$$

$$F_{UP} = 304,23 + 45,4 + 0 + 338,84$$

$$F_{UP} = 688,47 \text{ N}$$

4.15.1 Výpočet hlavních odporů

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot [q_{RO} + q_{RU} + (2 \cdot q_B + q_G)] \quad (4.12)$$
$$F_H = 0,02 \cdot 41 \cdot 9,81 \cdot [9,39 + 2,27 + (2 \cdot 3,66 + 18,84)]$$
$$F_H = 304,23 \text{ N}$$

Globální součinitel tření f zvolen 0,02. (15)

4.15.1.1 Hmotnost rotujících částí válečku na 1 m horní větve

$$q_{RO} = \frac{2 \cdot q_1 \cdot p_1}{L} \quad (4.13)$$
$$q_{RO} = \frac{2 \cdot 3,32 \cdot 58}{41}$$
$$q_{RO} = 9,39 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

4.15.1.2 Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m dolní větve

$$q_{RU} = \frac{q_2 \cdot p_2}{L} \quad (4.14)$$
$$q_{RU} = \frac{4,9 \cdot 19}{41}$$
$$q_{RU} = 2,27 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

4.15.2 Vedlejší odpory

$$F_N = F_{bA} + F_f + F_l + F_t \quad (4.15)$$
$$F_N = 20,77 + 6,75 + 16,31 + 1,57$$
$$F_N = 45,4 \text{ N}$$

4.15.2.1 Odpor setrvačných sil v místě nakládání a urychlování

$$F_{bA} = I_V \cdot \rho_S \cdot (v - v_0) \quad (4.16)$$

$$F_{bA} = 0,0272 \cdot 727,19 \cdot (1,05 - 0)$$

$$F_{bA} = 20,77 \text{ N}$$

4.15.2.2 Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování

$$F_f = \frac{\mu_2 \cdot I_V^2 \cdot \rho_S \cdot g \cdot l_b}{\left(\frac{v + v_0}{2}\right)^2 \cdot b^2} \quad (4.17)$$

$$F_f = \frac{0,6 \cdot 0,0272^2 \cdot 727,19 \cdot 9,81 \cdot 0,094}{\left(\frac{1,05 + 0}{2}\right)^2 \cdot 0,4^2}$$

$$F_f = 6,75 \text{ N}$$

Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi μ_2 , je dle (15) zvolen z intervalu $0,5 \div 0,7$, zvoleno $0,6$.

4.15.2.3 Urychlovací délka

$$l_b = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_1} \quad (4.18)$$

$$l_b = \frac{1,05^2 - 0}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6}$$

$$l_b = 0,094 \text{ m}$$

Součinitel tření μ_1 mezi dopravovanou hmotou a pásem, dle (15) se volí z intervalu $0,5 \div 0,7$, zvoleno $0,6$.

4.15.2.4 Odpor ohybu pásu na bubnech

$$F_l = 9 \cdot B \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F_{TP}}{B}\right) \cdot \frac{d}{D} \quad (4.19)$$

$$F_l = 9 \cdot 0,5 \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{2062,88}{0,5}\right) \cdot \frac{0,01}{0,5}$$

$$F_l = 16,31 \text{ N}$$

Hodnota F_{TP} je průměrný tah v pásu na bubnu, jeho hodnota byla určena z tahů vypočtených pomocí graficko-početní metody. (rovnice 3.9)

4.15.2.5 Odpor v ložiskách hnaného bubnu

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{d_0}{D} \cdot F_T \quad (4.20)$$

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{0,06}{0,5} \cdot 2624,1$$

$$F_t = 1,57 \text{ N}$$

F_t je vektorový součet tahů v pásu působících na bubnu. Tato hodnota byla získána vektorovým součtem všech tahů v pásu (rovnice 3.9) a tíhových sil otáčejících se částí bubnů.

4.15.3 Přídavný hlavní odpor

$$F_{S1} = F_\varepsilon = 0 \text{ N} \quad (4.21)$$

4.15.3.1 Odpor vychýlených bočních válečků

$$F_\varepsilon = 0 \text{ N} \quad (4.22)$$

Jelikož válečky nejsou vychýlené, je tento odpor 0 N.

4.15.4 Přídavný vedlejší odpor

$$F_{s2} = F_{gL} + F_r + F_a \quad (4.23)$$

$$F_{s2} = 38,84 + 300 + 0$$

$$F_{s2} = 338,84 \text{ N}$$

4.15.4.1 Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením

$$F_{gL} = \frac{\mu_2 \cdot I_v^2 \cdot \rho_s \cdot g \cdot l}{v^2 \cdot b_1^2} \quad (4.24)$$

$$F_{gL} = \frac{0,6 \cdot 0,0272^2 \cdot 727,19 \cdot 9,81 \cdot 2,5}{1,05^2 \cdot 0,43^2}$$

$$F_{gL} = 38,84 \text{ N}$$

4.15.4.2 Opor čističe pásu

$$F_r = A \cdot p \cdot \mu_3 \quad (4.25)$$

$$F_r = 0,01 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 0,6$$

$$F_r = 300 \text{ N}$$

Hodnota součinitele tření μ_3 mezi čističem a pásem je volena z rozmezí $0,5 \div 0,7$ (zvoleno 0,6) a tlak p mezi čističem a pásem p z rozmezí $3 \cdot 10^4 \div 10 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ (zvoleno $5 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$), vše v souladu s (15).

4.15.4.3 Dotyková plocha mezi čističem a pásem

$$A = B \cdot t_c \quad (4.26)$$

$$A = 0,5 \cdot 0,02$$

$$A = 0,01 \text{ m}^2$$

4.15.4.4 Odpor shrnovače materiálu

$$F_a = 0 \text{ N} \quad (4.27)$$

Shrnováč materiálu není pro tento dopravník navrhován.

4.16 Zvětšení obvodové síly na poháněcím bubnu

Z důvodu možného náhlého zvýšení síly přetížením je potřeba zvýšit obvodovou sílu o 50 %.

$$\begin{aligned}F_U &= F_{UP} \cdot 1,5 \\F_U &= 688,47 \cdot 1,5 \\F_U &= 1032,71 \text{ N}\end{aligned}\tag{4.28}$$

4.17 Potřebný výkon poháněcího bubnu

$$\begin{aligned}P_A &= F_U \cdot v \\P_A &= 1032,71 \cdot 1,05 \\P_A &= 1084,34 \text{ W}\end{aligned}\tag{4.29}$$

4.18 Potřebný provozní výkon motoru

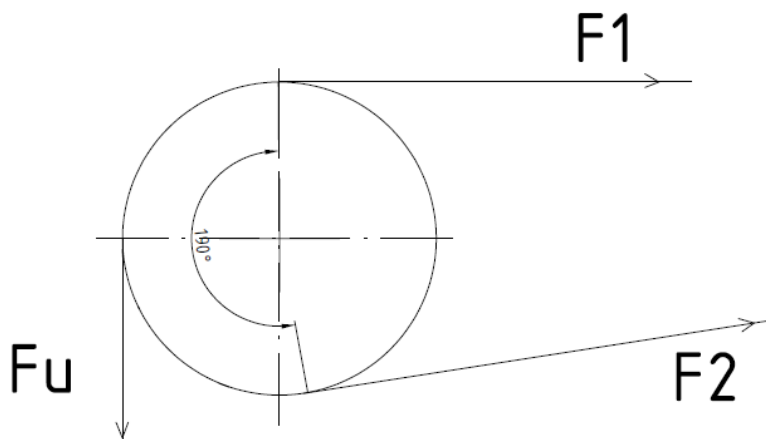
$$\begin{aligned}P_M &= \frac{P_A}{\eta_1} \\P_M &= \frac{1084,34}{0,9} \\P_M &= 1204,82 \text{ W}\end{aligned}\tag{4.30}$$

Z důvodu možných chvilkových neočekávaných přetížení systémů, které mohou nastat kvůli přívodu zvýšeného množství dopravovaného materiálu na pás, volím pohon s vyšším výkonem, tímto bude zajištěna dostatečná výkonová rezerva.

4.19 Návrh poháněcí stanice

Pro pohon dopravníku volím motor značky SEW typ DRN 100 LS4 s výkonem 2,2 kW a převodovku také značky SEW typ KA 77/T.

4.20 Síly v pásu



Obrázek 4.4 – Síly v pásu

4.21 Přenos obvodové síly na poháněcím bubnu

$$F_{2min} \geq F_{Umax} \cdot \frac{1}{e^{\mu\alpha_G} - 1} \quad (4.31)$$

$$F_{2min} \geq 1308,75 \cdot \frac{1}{e^{0,25 \cdot 3,32} - 1}$$

$$F_{2min} \geq 1011,93 \text{ N}$$

Hodnotu součinitele tření mezi poháněcími bubny a pásem μ volíme z rozmezí 0,25÷0,3. Pro tento dopravník zvoleno 0,25.

Úhel opásání je 190°, v rovnici převeden na 3,32 rad.

4.22 Maximální obvodová hnací síla

$$\begin{aligned}F_{Umax} &= \xi \cdot F_U \\F_{Umax} &= 1,7 \cdot 1032,71 \\F_{Umax} &= 1755,61 \text{ N}\end{aligned}\tag{4.32}$$

ξ je součinitel rozběhu, je volen z rozmezí $1,3 \div 2$, zvoleno 1,7.

4.23 Omezení podle průřezu pásu v horní a dolní větvi

4.23.1 Horní větev pásu

$$\begin{aligned}F_{hmin} &\geq \frac{a_0 \cdot (q_B + q_G) \cdot g}{8 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)_{adm}} \\F_{hmin} &\geq \frac{0,8 \cdot (3,66 + 18,84) \cdot 9,81}{8 \cdot 0,01} \\F_{hmin} &\geq 2201,36 \text{ N}\end{aligned}\tag{4.33}$$

4.23.2 Dolní větev pásu

$$\begin{aligned}F_{dmin} &\geq \frac{a_u \cdot q_B \cdot g}{8 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)_{adm}} \\F_{dmin} &\geq \frac{2 \cdot 3,66 \cdot 9,81}{8 \cdot 0,01} \\F_{dmin} &\geq 897,615 \text{ N}\end{aligned}\tag{4.34}$$

4.24 Největší tahová síla v pásu

$$\begin{aligned}F_{max} &\approx F_1 \approx F_U \cdot \xi \cdot \left(\frac{1}{e^{\mu\alpha_G} - 1} + 1\right) \\F_{max} &\approx F_1 \approx 1032,71 \cdot 1,7 \cdot \left(\frac{1}{e^{0,25 \cdot 3,32} - 1} + 1\right) \\F_{max} &\approx F_1 \approx 3113,05 \text{ N}\end{aligned}\tag{4.35}$$

4.25 Pevnostní kontrola pásu

$$F_{Dp} \geq F_{max} \quad (4.36)$$

$$R_m \cdot B \geq F_{max}$$

$$630000 \cdot 0,5 \geq 3113,05$$

$$315000 \text{ N} > 3104,28 \text{ N}$$

4.26 Síla v nosné větvi

$$F_1 = F_{max} \quad (4.37)$$

$$F_1 = 3113,05 \text{ N}$$

4.27 Síla ve vratné větvi

$$F_2 = \frac{F_1}{e^{\mu \alpha_G} - 1} \quad (4.38)$$

$$F_2 = \frac{3113,05}{e^{0,25 \cdot 3,32} - 1}$$

$$F_2 = 2407,024 \text{ N}$$

4.28 Napínání pásu

Pás je nutné napnout, aby docházelo k přenosu sil třením, a tím k správné funkci dopravníku. Pro tento dopravník bylo zvoleno napínání pomocí šroubu.

4.28.1 Napínání pásu

$$F_{NAP} = 2 \cdot (F_{hmin} - q_B \cdot H) \quad (4.39)$$

$$F_{Nap} = 2 \cdot (2201,36 - 3,66 \cdot 0)$$

$$F_{Nap} = 4402,72 \text{ N}$$

Závěr

Všechny cíle této bakalářské práce byly splněny. Byl navržen pásový dopravník na dopravu černého uhlí, s pečlivým přihlédnutím na mechanicko-fyzikální vlastnosti konkrétního dopravovaného materiálu. Dopravník byl navržen dle platné normy ČSN ISO 5048. Velká část komponentů použitých při konstrukci dopravníku byla zakoupena, aby došlo k snížení potřebných nákladů.

Zdroje

- [1] <http://www.qwertsro.cz/files/reference-fotky/a/epo---pasovy-dopravnik-doprava-dokotelny---vystavba.jpg>
- [2] Rozpracovaná skripta Dopravníky prof. Zegzulky
- [3] <http://vyuka.odbornaterminologie.cz/multimedia/photo/strojirenstvi/5-5/5-5-2-1-1-pasovy-dopravnik-a-cz.png>
- [4] KAŠPÁREK, Jaroslav. *Dopravní a manipulační zařízení*. Brno.
- [5] [http://www.gktupesy.cz/tinyupload-foto/VP%20261137,%20Kleemann,%20\(Kieswerk%20Meichle+Mohr,Tett nang\)%20002.jpg](http://www.gktupesy.cz/tinyupload-foto/VP%20261137,%20Kleemann,%20(Kieswerk%20Meichle+Mohr,Tett nang)%20002.jpg)
- [6] <http://www.spssol.cz/rsimages/DIGI1/html/cad/Dopravn%C3%ADky%20a%20zdvi hadla/ media/d5e705c1-a963-46c4-9482-bfac959ca6e8.jpg>
- [7] <http://www.vsekov.cz/image.php?oid=4099211&nid=13505&width=900>
- [8] <http://www.zam-servis.cz/GRAPHICS/rhpapl.jpg>
- [9] <http://www.prodeco.cz/uploads/images/reference/SVHS1-IMAG7789.jpg>
- [10] NOVOTNÝ, Karel. *Bezpečnost práce u dopravních zařízení*. Praha: Sekurkon, 1995.
- [11] <https://www.gumex-en.eu/ep-630-3-aa-rubber-conveyor-belt-48642.html>
- [12] <http://www.amgpicha.cz/files/technicke-listy-amg.pdf>
- [13] <https://www.gumex.cz/hladke-valecky-pro-pasove-dopravniky-32116.html#prettyPhoto>
- [14] <http://docplayer.cz/5853160-Katalog-valecky-a-girlandove-stolice-pro-pasovou-dopravu-tel-519-364-581-6-fax-519-364-562-e-mail-obchod-transroll-cz-www-transroll.html>
- [15] ČSN ISO 5048: *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů - PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY S NOSNÝMI VÁLEČKY - Výpočet výkonu a tahových sil*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [16] <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?uhli>
- [17] http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/energeticke_suroviny.html#%C4%8CERN%C3%89%20UHL%C3%8D
- [18] ČSN EN 1994-1: *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [19] POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLIŠKA a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení I*. Ostrava.
- [20] Konzultace s vedoucím práce prof. Zegzulkou

- [21] ČSN 26 3102: *Dopravní zařízení. Pásové dopravníky. Zásady výpočtu*. Praha: Český normalizační institut, 1989.

Přílohy

- A- Výkres sestavy převáděcího bubnu
- B- Výkres svařence převáděcího bubnu
- C- Výkres hřídele převáděcího bubnu
- D- Výkres čela převáděcího bubnu
- E- Výkres sestavy pásového dopravníku